臺灣百香果無特定病毒種苗生產技術

陳金枝 / 行政院農業委員會農業試驗所 植物病理組
Chinzue@tari.gov.tw

摘要

百香果 (*Passiflora spp.*) 有「果汁之王」和「水果藥王」美稱，為高經濟果樹並具有多元利用價值。臺灣的百香果栽培技術特色為每年全園換植健康種苗，施行一年生栽培方式迄今三十年，除可有效控管百香果病毒病害外，也創造了百香果種苗產業的貿易經濟效益。百香果栽培過程中容易遭受病毒、真菌、害蟲的危害，其中尤以木質化病毒影響百香果生育及產值最鉅，更是種苗貿易流通時容易被檢視的檢疫病原對象。無特定病毒健康種苗的繁殖生產，可確保種苗品質及產業競爭力。健康種苗的繁殖流程，首重源頭母本的健康品質監控到位，相關配套措施包括 (1) 從源頭管理確保母本株健康，對特定病毒的定期監測確保母本健康無虞後，再進入量化生產的流程；(2) 母本園病蟲害防治管理到位，設施具有防蟲、遮雨及防雜草等功能，以避免病蟲害的滋生或傳播，並定期噴施病蟲害防治藥劑或資材；(3) 種苗生產操作流程避免病毒汙染之措施 (如專用刀具或器具消毒)，及操作區的清潔管理；(4) 嫁接苗生產時，癒合及馴化場環境的控管確保嫁接苗存活品質，並持續做好對病蟲害防治管理；(5) 適當的肥培管理，確保種苗發根旺盛，營養吸收正常及苗株強健；(6)人員進出設施之管理，以避免帶病原汙染。本研究針對近年來亞洲地區六種重要百香果病毒，已開發其免疫檢測及核酸檢測用試劑套組，並應用於協助業界進行無特定病毒母本株之健診，以及輔助農政單位推動的百香果種苗病害驗證和百香果育苗場產業輔導母本監測等。國內百香果種苗業者已具有提升種苗品質內控以強化輸出競爭力之共識，此為臺灣推動百香果健康種苗生產體系的強力後盾！臺灣目前力行的百香果健康種苗生產體系及田間生產採用每年更新換植的一年生栽培技術，為臺灣百香果產業能持續領先亞洲各國的關鍵技術。面對未來，持續保持健康種苗的內控品質要求，相信是臺灣百香果產業在亞洲地區日益競爭的種苗市場中，持續居優勢地位的重要立基。

內容

一、百香果特色及價值多元化

百香果 (*Passiflora spp.*) 為熱帶亞熱帶周年生果樹，具高經濟價值，在全球果汁工業上具有重要地位。百香果有「果汁之王」美稱，因其含有超過130種以上的芳香物質，氣味芳香，風味豐厚，可以和各種類果汁相互調和， 味道不衝突而有「水果藥王」之稱；富含蛋白質、膳食纖維和多種維他命等。百香果深受消費者喜愛、鮮果供不應求，近年來，國內栽培面積逐年增加。

百香果具有多元價值特性，國內百香果產業發展迄今超過三十年，在產業貿易方面已發展出完整的產業結構，包括種苗、鮮果及加工品等生產體系，106年度總產值超過10億元；此外，近年來樂活養生風氣日盛，百香果除可直接鮮食外，也可做蔬食或加工製成果汁、果凍、果醋和保健營養品；百香果也具有採果等休閒觀光價值，而每年更新換植前於田區所汰除的大量老株殘株，具有農棄物再循環利用的價值。

二、百香果病毒病害為產業發展的關鍵角色

依據農委會106年度農業統計資料，百香果栽培面積已達679.6公頃，鮮果產量11546公噸，鮮果產值達新台幣8.02億元；以臺灣目前採行每年全園清除老株重新種植的種苗需求，加上種苗輸出等市場，目前內需和外銷種苗約900萬苗，種苗產值超過2.4億元。目前臺灣及亞洲地區栽培的百香果，以‘台農1號’百香果為主力品種。為維持‘台農1號’百香果的優良園藝性狀，主要以嫁接苗方式繁殖種苗。嫁接過程，若採用的切穗或根砧帶有病毒，則病毒會隨嫁接苗而傳播，因此透過母本株定期病毒監測以及生產流程控管無病毒汙染，以生產無特定病毒之健康種苗，為整體百香果產業鏈能順暢發展之關鍵技術。

(一)國際百香果病毒種類

國際間百香果病毒紀錄約二十種，涵蓋*Carlavirus*、*Cucumovirus*、*Cilevirus*、*Nepovirus*、*Potyvirus*、*Rhabdovirus*、*Tobamovirus*及*Tymovirus*屬之成員。

亞洲地區已知百香果病毒種類，包括 (1) 二種東亞百香果病毒 (*East Asian Passiflora Virus*，簡稱EAPV)：EAPV-AO類群引起葉片嵌紋和木質化病徵 (圖1-a、b)、EAPV-IB分離株類群引起斑駁或輕微嵌紋病徵 (2) 豇豆蚜傳嵌紋病毒 (*Cowpea Aphid-Borne Mosaic Virus*，簡稱CABMV)，臺灣學者以往發表的百香果漣葉病毒(*Passionfruit Crinkle Virus*, 簡稱PCV) 引起漣葉徵狀 (Chang & Lin 1989；Chang *et al.* 1996)，在核酸序列分類上同屬於CABMV；近十多年來，未再於臺灣百香果上發現此病毒；(3) 胡瓜嵌紋病

圖 1、田間受東亞百香果病毒 EAPV-AO 類群感染的百香果，植株葉片嵌紋 (a) 和果實木質化病徵 (b)；受胡瓜嵌紋病毒 (CMV) 感染的百香果，葉片出現黃斑 (c)；人工接種 TeMV 於黃皮百香果造成葉片明顯嵌紋病徵 (中 d)；EuLCV 或 PaLCuGDV 感染的百香果母本株，營養生長旺時期常呈無徵狀 (e)；田間罹病株常在寒流環境下誘發植株葉片出現嵌紋皺縮 (f)；氣溫回暖後之新生葉片，可恢復正常生長。

毒(*Cucumber Mosaic Virus*，簡稱CMV)，引起葉片黃斑病徵 (圖1-c)；(4) 泰國近年於百香果上發現的夜香花嵌紋病毒 (*Telosma Mosaic Virus*，簡稱TeMV) (Chiemsombat *et al.* 2014)，也引起葉片嵌紋、果皮嵌紋和木質化病徵。中國大陸和臺灣於2018年同時發現此病毒於百香果上發生 (Yang *et al.* 2018；陳等，2018；蔡等，2018)。本研究室將TeMV人工接種於黃百香果，引起葉片嵌紋病徵 (圖1-d)；(5) 二種*Begomovirus*屬病毒：聖誕紅捲葉病毒 (*Euphorbia Leaf Curl Virus*，簡稱EuLCV) 及木瓜捲葉廣東病毒(*Papaya Leaf Curl Guangdong Virus*，簡稱PaLCuGDV) ，首次由臺灣學者報導(Cheng *et al.* 2014)，常伴隨於寒流低溫氣候下發病而引起葉片嵌紋皺縮，氣溫回暖後新生的葉片恢復無病徵 (圖1-f)。EuLCV在中國、臺灣和南韓均有發生，於2004年在中國聖誕紅被發現 (Ma *et al.* 2004)；南韓也報導EuLCV可感染百香果和木瓜 (Kil *et al.* 2016)。而PaLCuGDV於2004年由中國大陸學者首次報導(Wang *et al.* 2004)，在中國和臺灣均有發生。

其他國外已報導之百香果病毒種類，包括*Potyvirus*屬之*Passionfruit Chlorosis Virus* (PaCV)、*Passiflora Virus Y* (PaVY)、*Soybean Mosaic Virus* (SMV)和*Bean Yellow Mosaic Virus* (BYMV)；*Tobamovirus*屬之*Tobacco Mosaic Virus* (TMV)、*Maracuja Mosaic Virus* (MarMV)及*Passion Fruit Mosaic Virus* (PaFMV)；*Rhabdoviridae*科*Cilevirus*屬之*Passionfruit Green Spot Virus* (PGSV) 及*Rhabdovirus*屬之*Passionfruit Vein Clearing Virus* (PVCV)；*Carlavirus*屬之*Passiflora Latent Virus* (PLV)；*Nepovirus*屬之*Tomato Ringspot Virus* (ToRSV)；*Tymovirus*屬之*Passionfruit Yellow Mosaic Virus* (PFYMV)，及*Begomovirus*屬之*Passion Flower Little Leaf Mosaic Virus*和*Jatropha Mosaic Virus*。

木質化病毒為影響百香果生育之主要病毒，目前國際間可引起百香果木質化的病毒種類包括澳洲的*Passionfruit Woodiness Virus* (PWV)、巴西的CABMV、泰國的TeMV；而日本、臺灣、中國大陸和東南亞等亞洲地區主要為EAPV感染所引起。目前農試所已開發EAPV-AO、EAPV-IB、CABMV、CMV、TMV、TeMV等百香果病毒抗體及核酸檢測用引子對，以及二種雙生病毒(EuLCV與PaLCuGDV)之引子對，整體檢測試劑與技術之開發，已應用於相關病毒之檢測需要。

(二)百香果重要病毒特性及防治管理措施

亞洲地區重要的百香果病毒中，引起嚴重型木質化徵狀者為EAPV-AO類群，EAPV-AO主要引起葉片嵌紋和果實木質化，發病嚴重者果實發育不良，影響品質與採汁率；而EAPV-IB類群，引起葉片微嵌紋或斑駁，透光時病徵更明顯易見。受EAPV-IB感染者，病徵輕微不明顯，果實出現輕微的斑紋現象，植株生長及果實發育不受影響，但若與EAPV-AO發生複合感染會使病勢明顯。TeMV同樣可引起葉片嵌紋和果實木質化；CMV病毒發生不普遍，但受感染株之葉片出現黃斑或黃化嵌紋 (chlorotic mosaic) 病徵，幼果期感染也可能導致果實畸形。

田間檢出EuLCV和PaLCuGDV病毒之百香果葉片，常呈現著色不均之嵌紋皺縮，或捲曲，或呈無病徵現象；遇有寒流時，則皺縮或捲曲徵狀更加明顯，氣溫回暖後之新生葉片常可恢復正常。而受單一或二種雙生病毒 (*Begomovirus*) 感染的百香果母穗樹，營養生長旺時期常呈無徵狀 (圖1-e)。EuLCV與PaLCuGDV感染途徑主要透過嫁接方式傳播，尤其切穗帶有此等病毒時，容易隨無性繁殖方式而大量傳播；粉蝨為其媒介昆蟲，病毒可在蟲體內繁殖而永續性地傳播。目前尚未證實EuLCV與PaLCuGDV此兩種雙生病毒單獨感染對百香果品質之實際影響，但是南韓已將此兩種病毒列入百香果病毒檢疫清單，因此國內在百香果種苗品質控管方面已納入監測以確保健康品質，進而提升在種苗市場的競爭力。

上述EAPV-AO、EAPV-IB、TeMV和CMV等病毒的傳播途徑相同，經由含有病毒的罹病株組織汁液透過機械傷口、無性繁殖體帶病毒及蚜蟲傳播。因此，栽培管理期間經由修枝剪條或摘芯等過程所造成的機械性傷口，刀具汙染罹病株之組織液等，均可能傳播病毒給其他植株；帶有病毒的切穗，會透過嫁接苗的無性繁殖方式而大量傳播。

在防治管理上，可藉由下列措施以預防病毒的傳染：

1.設施環境栽培母本株，以維護健康品質：病毒可經由蚜蟲刺吸罹病毒植株後，將沾有病毒汁液之口針刺吸其他株而傳播，因此採穗用母本株應栽培於防蟲的溫網室中，並做好噴施農藥或防蟲設施等防治蚜蟲管理措施。種苗繁殖期間，供採穗用的母本株 (母本樹和供穗樹)需栽植於具有防雨、防蟲以及防雜草的設施環境，並有雙層門進出和人員管理，保持設施環境的整潔；嫁接苗應採用健康的根砧以及切穗。

2.母本株定期作病毒監測，汰除罹病株：對於提供採穗用之母本株需定期作病毒篩檢，確定無帶病毒後再行繁殖，可確保繁殖苗之健康品質。此外，對於檢出病毒之母本株，應清除罹病株並做好園區清潔管理

3.清潔刀具以預防病毒汙染或傳播：病毒可透過帶毒汁液經機械傷口而傳播，因此母本株栽培期間之修枝剪條或採穗時和嫁接時所使用之刀具或器具，均需經消毒處理或使用專用刀具以阻絕帶毒組織汁液之傳播，尤其母本樹所使用之刀具以單株專用刀具為要。

4.注意雜草防除，以避免蟲媒孳生或病毒存活於野生寄主；此外，百香果育苗場避免設立於鄰近田間百香果栽培田區，以降低病源傳播風險。

EuLCV和PaLCuGDV之防治管理措施：除上述1-4外，須特別注重粉蝨蟲媒控管。此二種病毒並不經由種子傳播，因此透過實生苗繁殖可去除此等病毒。此外，寒流期做好保溫；或是避開寒流後再將種苗種植於田間，可預防因寒冷誘發病害嚴重程度，再配合均衡營養之肥培管理以強健植株，可降低雙生病毒危害百香果之影響。

三、無特定病毒百香果健康種苗繁殖生產技術

百香果產業鏈，包括健康種苗生產供應、田間栽培技術與病害防治管理到位以生產優質鮮果、以及鮮果或加工產品行銷；整體產業鏈中，鮮果或加工原料的需求可以促進對種苗的需求，因此從源頭管理著手，健全健康種苗繁殖生產體系，為永續產業鏈的關鍵技術，尤其病毒病目前尚無法以藥劑施用獲得有效治療，因此從健康種苗的預防措施著手，更是病毒防治的根本大法。在臺灣，田間例行一年生栽培法，每年全園更新種植健康種苗，可確保百香果品質與產值 (圖2)

圖 2、同一田區，連續種植 2 年之百香果病毒病嚴重，果實木質化品質差 (左)；田區更新換植健康種苗，果實健康品質優 (右)。

在無特定病毒健康種苗的栽培技術上，除力行上述對病毒防治管理措施外，尚須有配套措施包含：

1.強化對特定病毒種類的掌握，以能對病毒的檢測鑑定更臻完整，確保母本株之健康無虞。

2.種苗生產操作流程避免病毒汙染之措施，如使用專用刀具進行母本株之修枝剪條；切穗用的刀具須確保清潔及消毒；種植前之栽培架清潔以避免病毒或病菌污染，人員進出設施之管理，以避免帶病原汙染。

3.嫁接苗生產時，癒合及馴化場環境的控管確保嫁接苗存活率，並持續做好對病蟲害防治管理，以確保種苗品質。

4.苗場環境的溫溼度控管，注意通風和控溫，使苗株在最適合的環境中生長。

5.適當的肥培管理，確保種苗發根旺盛，營養吸收正常及苗株強健。

6.各繁殖栽培期，注重病蟲害管理以確保種苗健康:隨時去除病株、穴苗用之栽培介質不重複使用，使用新穴盤或消毒回收穴盤以確保不殘留病菌。

7.銷售用之嫁接苗，在出貨前須做品檢，去除瑕疵品 (如嫁接不良、黃葉等)，以確保健康種苗出品品質。

（1）母本樹（G1）　（2）母本樹（G2）　（3）母本樹（G3）

圖 3、無特定病毒健康百香果種苗生產，於具有雙層門進出以及防蟲、防雨之設施內栽植母本株 (G1&G2)，並定期進行病毒檢驗監測；採用健康接穗繁殖優質健康嫁接苗 (G3)。

結語

作物健康種苗(子)品質乃產業發展永續的關鍵，從母本源頭管理著手，再配合種苗種植後於栽培期間之病蟲害管理到位，以及採收後田間清園處理降低病原殘存等措施，在健康把關和栽培防治管理的整體配套措施中，方能確保農作產品的品質與產值。臺灣百香果的種苗產業發展迄今，「台農1號」百香果嫁接苗已具有亞洲品牌競爭力，為能持續保持持續領先優勢，不斷地自我內控要求做好完善的健康種苗繁殖生產為重要關鍵。種苗生產流程，從接穗母本或根砧的繁殖之源頭把關先確保無特定病毒之健康材料，到嫁接苗繁殖時之一貫化生產流程，病毒檢測是種苗健康品質把關的關鍵技術。然而整體健康種苗的品質，有賴於種苗生產各階段流程的控管到位，降低帶病毒材料或所有可能造成病毒汙染等預防措施，各階段流程作業的控管更為重要；病毒檢測，僅是特定時間點的監測結果，而透過病毒檢測的結果，可檢視各階段流程是否管理到位，進而加以調整改進。

行政院動植物防疫檢疫局於105年12月公告實施的「百香果種苗病害驗證作業須知」(參考網址https://www.baphiq.gov.tw/view.php?catid=15839)，規劃百香果種苗生產三級制體系(圖3)，包括 (1) 母本樹 (G1)，提供接穗以生產供穗樹之植株；(2) 供穗樹 (G2)，提供接穗以生產栽培用嫁接苗之植株；(3) 栽培用嫁接苗 (G3)，使用接穗及根砧完成嫁接之種苗，馴化後供栽培用者。驗證須知中規範有百香果種苗生產時，各階段種苗繁殖圃設置及操作管理，以及病毒檢定相關驗證基準和規定，用以防治管理病蟲害以及確保無特定病毒健康種苗之生產品質。本驗證規範，可作為百香果育苗場健康種苗生產品質內控之管理基礎，並能協助育苗業者提升與穩定種苗健康品質。農業試驗所已開發之百香果病毒檢測試劑與技術獨步亞洲各國，均支援於此驗證規範中之病毒檢定；臺灣所具備的百香果病毒檢定技術和驗證規範體系，為臺灣永續發展百香果健康種苗之重要基石。

引用文獻

1. 安寶貞、謝廷芳、蔡志濃、黃晉興、楊宏仁。2008。非農藥防治新技術的開發與應用。第137-153 頁。節能減碳與作物病害管理研討會專利。行政院農業委員會農業試驗所、中華民國植物病理學會編印。

2. 李文立、王德男。2007。百香果栽培管理要點。園藝之友 119: 18-26。

3. 林瑩達。1982。百香果雜交 F1 品種之育成。中國園藝 28: 190。

4. 張清安。2015。臺灣百香果病毒病研究與防治之回顧。2015 年海峽兩岸植物病理學術研討會專刊 (中華民國植物病理學會發行) P. 111-121。

5. 張清安、王惠亮、周定芸、陳玉蓉。1981。百香果毒素病之調查與鑑定。植物保護學會刊 23: 26。

6. 張清安、林瑩達。1991。百香果無病毒苗田間應用之效果評估 . 臺灣農業 27: 95-101。

7. 張清安、林瑩達。1992。無病毒百香果苗栽植後之再感染生態及其防治病毒病效果評估。植物病理學會刊 1: 140-146。

8. 劉逸琪、張清安、陳金枝、蔡慧婷。1999。三種分離自臺灣百香果之馬鈴薯 Y 屬病毒 3’-端核甘酸序列分析。植物病理學會刊 8: 185。

9. 陳盟松、賴文龍。2014。百香果栽培管理與合理化施肥。第 28-33 頁。豐年，62 期，22 卷。

10. 陳金枝、鄭櫻慧、鄧汀欽。2014。無病毒健康種苗對百香果產業發展之重要性及未來展望。植物種苗生技 37: 63-71。

11. 陳金枝、江芬蘭、黃美容、莊喻婷。2018。百香果 *Telosma mosaic virus* (TeMV) 於植株分布及以兩種 *East Asian passiflora virus* 多元抗體混合液檢測 TeMV 之效果。106 年度植病學會年會論文宣讀摘要 (刊印中)。

12. 蔡一慈、陳羽騏、黃莉真、陳煜焜、張清安。2018。Telosma mosaic virus 在臺灣百香果上的分離與鑑定。中華植物保護學會 106 年度年會論文宣讀摘要 (刊印中)。

13. 鍾仁賜。2012。施肥管理與植物病害。第 1-2 頁。農業推廣手冊 68 輯。

14. Barber, S. A. 1984. *Soil Nutrient Bioavailability*, A Mechanistic *Approach*. John Wiley & Sons, Inc. New York.

15. Brand, R. J., and M. B. von Wechmar. 1993. Characterization of two viruses implicated in the woodiness disease complex of South African passionfruit: *Cucumber mosaic virus* and a new potyvirus. J. South. Afr. Soc. Hortic. Sci. 3: 28-33.

16. Chang, C. A. 1992. Characterization and comparison of passionfruit mottle virus, a newly recognized potyvirus, with passionfruit woodiness virus. Phytopathology 82: 1358-1363.

17. Chang, C. A., and H. H. Lin.1989. Passionfruit crinkle virius, a new potyvirus isolated from passionfruit in Taiwan. Plant Prot. Bull. 31: 409-410.

18. Chang, C. A., C. C. Chen, T. C. Deng, and F. W. Zettler. 1996. Characterization of passionfruit crinkle potyvirus-a newly found virus infecting passionfruit. Plant Prot. Bull. 38: 339-354.

19. Chang, C. A., H. C. Wang, Y. L. Chen, and T. Y. Chou.1981. The investigation and identification of virus disease of passionfruit in Taiwan. Plant Prot. Bull. 23: 267.

20.Chang, H. H., H. M. Ku, W. S. Tsai, R. C. Chien, and F. J. Jan. 2010. Identification and characterization of a mechanical transmissible begomovirus causing leaf curl on oriental melon. Euro. J. Plant Pathol. 127: 219-228.

21. Cheng,Y. H., T. C. Deng, C. C. Chen, C. H. Chiang, and C. A. Chang. 2014. First Report of *Euphorbia leaf curl virus* and *Papaya leaf curl Guangdong virus* on passion fruit in Taiwan. Plant Dis. 98:1746.

22.Chiemsombat, P., S. Prammanee, and N. Pipattanawong. 2014. Occurrence of *Telosma mosaic virus* causing passion fruit severe mosaic disease in Thailand and immunostrip test for rapid virus detection. Crop Prot. 63: 41-47.

23.Chong, Y. H., Y. H. Cheng, H. W. Cheng, Y. C. Huang, and S. D. Yeh. 2018. The virus causing passionfruit woodiness disease in Taiwan is reclassified as East Asian passiflora virus. J. Gen. Plant Pathol. 84(3): 208-220.

24.Dassanayake, E. M., and R. G. T. Hicks. 1992. Sri Lankan passionfruit mottle virus, a potyvirus infecting golden passionfruit in Sri Lanka. Ann. Appl. Biol. 120: 459-469.

25.Fischer, I. H., and J. A. M. Rezende. 2008. Diseases of passion flower (*Passiflora spp.*). Pest Technology 2 (1): 1-19. (http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline /images/0812/PT_2(1&2)/PT_2(1)1-19o.pdf)

26.Fribourg, C. E., R. Koenig, and D. E. Lesemann.1987. A new *Tobamovirus from Passiflora edulis* in Peru. Phytopathology 77: 486-491.

27.Fukumoto T, M. Nakamura, M. Rikitake, and H. Iwai. 2012. Molecular characterization and specific detection of two genetically distinguishable strains of East Asian *passiflora virus* (EAPV) and their distribution in southern Japan. Virus Genes 44: 141-148.

28.Huber D.M., Wilhelm N.S., 1988. The role of manganese in resistance to plant diseases. In Manganese in Soils and Plants, pp. 155-173. Eds R.D. Graham, R.J. Hannan and N.C. Uren. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

29.Ghorbani, R., Wilcockson, S., Koocheki, A., & Leifert, C., 2009. Soil management for sustainable crop disease control: a review. In Organic farming, pest control and remediation of soil pollutants (pp. 177-201). Springer, Dordrecht.

30.Gibbs, A., and K. Ohshima. 2010. Potyviruses and the digital revolution. Annu. Rev. Phytopathol. 48: 205–223.

31. Iwai, H., R. Terahara, Y. Yamashita, S. Ueda, and M. Nakamura. 2006a. Complete nucleotide sequence of the genomic RNA of an Amami-O-Shima strain of East Asian passiflora potyvirus. Arch. Virol. 151: 1457–1460.

32.Iwai, H., Y. Yamashita, N. Nishi, and M. Nakamura. 2006b. The potyvirus associated with the dappled fruit of Passiflora edulis in Kagoshima Prefecture, Japan is the third strain of the proposed new species *East Asian passiflora virus* (EAPV) phylogenetically distinguished from strains of *Passion fruit woodiness virus*. Arch. Virol. 151: 811–818.

33.Kil, E.-J., H. Seo, H.-S. Byun, S.-S. Suh, T.-K. Lee, K.-Y. Lee, J.-H. Lee, J.-K. Kim, S.-J. Ko, H.-S. Choi, C.-S. Kim, and S. Lee. 2016. First report of *Euphorbia leaf curl virus* in passion fruits in South Korea and its natural occurrence in papaya. Plant Dis. 100 (4): 865.

34.Ma, X. Y., J. H. Cai, G. X. Li, B. X. Qin, and X. P. Zhou. 2004. Molecular characterization of a distinct begomovirus infecting *Euphorbia pulcherrima* in China. J. Phytopathol. 152: 215–218.

35.Marschner H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. London, UK: Academic Press.

36.McKnight, T. 1953. The woodiness virus of the passion vine. Qd. J. Agric. Sci. 10: 4–350

37.Nascimento, A. V. S., E. N. Santana, A. S. K. Braz, P. F. Alfenas, G. Pio-Ribeiro, G. P. Andrade, M. G. de Carvalho, and F. M. Zerbini. 2006. *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV) is widespread in passionfruit in Brazil and causes passionfruit woodiness disease. Arch. Virol. 151: 1797–1809.

38.Novaes, Q. S., J. Freitas-Astua, V. A. Yuki, E. W. Kitajima, L. E. A. Camargo, and J. A. M. Rezende. 2003. Partial characterization of a bipartite begomovirus infecting yellow passion flower in Brazil. Plant Pathol. 52: 648–654.

39.Ochwo-Ssemakula M., T. Sengooba, J. J. Hakiza, E. Adipala, R. Edema, M. G. Redinbaugh, V. Aritua, and S. Winter. 2012. Characterization and distribution of a potyvirus associated with passion fruit woodiness disease in Uganda. Plant Dis. 96: 659–665.

40.Taylor, R. H., and R. S. Greber. 1973. Passion fruit woodiness virus. CMI/ AAB. Description of plant viruses 122. Commonwealth Mycological Institute/Association of Applied Biologists, Kew.

41. Wang, X., Y. Xie, and X. Zhou. 2004. Molecular characterization of two distinct begomoviruses from papaya in China. Virus Genes 29: 303–309.

42.Wylie, S. J., and M. G. K. Jones. 2011. The complete genome sequence of a *Passionfruit woodiness virus* isolate from Australia determined using deep sequencing, and its relationship to other potyviruses. Arch. Virol. 156: 479–482.

43.Yang, K. ,H. Yan, L. Song, P. Jin, W. Miao, and H. Cui. 2018. Analysis of the complete genome sequence of a potyvirus from passion fruit suggests its taxonomic classification as a member of a new species. Arch. Virol. 163(9): 2583–2586.